

## German/Translation

Federal Republic of Germany  
German Patent Office

**Preliminary Published Application: DE 36 32 570 A1**

International Class:

C 12 N 1/00, C 12 N 1/32, C02F 3/26

File No.: P 36 32 570.8

Date of Application: 25 Sept. 1986

Date of Publication: 7 April 1988

Applicant: Linde AG

## Inventors:

Dr. Hans-Peter Riquarts, Dr. Albert Hofmann, Dieter Tillmann,  
Dr. Michael Heisel and Dr. Reinhold Bronnenmeier

## Title:

**PROCESS FOR IMPROVING THE PRODUCTIVITY IN  
AEROBIC FERMENTATION PROCESSES**

**Summary**

The invention concerns a process for aerobic fermentation of microorganisms. According to the invention it is proposed that the content of dissolved CO<sub>2</sub> in the fermentation liquor be lowered by introducing a stripping gas, preferably oxygen, into the fermentation liquor before separation of the gaseous fermentation products from the fermentation cycle. This causes more oxygen to pass into solution so that the oxygen supply to the microorganisms is improved. The oxygen contained in the undissolved stripping gas and the gaseous fermentation products are removed through a semi-permeable membrane and returned to the fermenter.

**Claims**

1. Process for fermentation of microorganisms in a culture medium based on a carbon source with a supply of an oxygen-containing gas, in which fermentation products such as CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O and biomass are formed and together with the culture medium form a fermentation liquor, and the gaseous fermentation products are separated from the fermenter liquor characterized by the fact that the content of dissolved CO<sub>2</sub> in the fermenter liquor is

lowered by adding a stripping gas to the fermenter liquor before the separation of the gaseous fermentation products.

2. Process as in claims characterized by the fact that air is used as the stripping gas.

3. Process as in claim 1 characterized by the fact that as the stripping gas pure technical oxygen or a gas highly enriched in oxygen is used.

4. Process as in one of claims 1-3 characterized by the fact that the fermentation is conducted under elevated pressure of 1 to 15 bar.

5. Process as in one of claims 1-4 characterized by the fact that after the stripping gas is fed in the foam formed in the fermenter liquor is destroyed mechanically or chemically.

6. Process as in one of claims 1-5 characterized by the fact that the gaseous fermentation products and undissolved stripping gas after removal are passed through a semipermeable membrane which is permeable for  $\text{CO}_2$  and  $\text{H}_2\text{O}$  and impermeable for oxygen and the separated oxygen is returned to the fermenter liquor.

7. Process as in claims 6 characterized by the fact that the separated gaseous fermentation products are purified before passing through the semipermeable membrane.

#### **Description**

The invention concerns a process for the fermentation of microorganisms in a culture medium based on a carbon source with a supply of an oxygen-containing gas, wherein fermentation products such as  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  and biomass are formed and together with the culture medium constitute a fermenter liquor, and the

gaseous fermentation products are separated from the fermenter liquor.

A number of produres are known for the fermentation of microorganisms in a culture medium. Thus, for example, DE AS 27 006 98 describes a process for microbial production of single cell protein based on ethanol. A fermentation cycle ordinarily consists of a circulation pump, a gassing device, a fermenter, a heat exchanger and a gas separator from which the degassed fermenter liquor is drawn off by the circulation pump. In the gas separator gas bubbles are moved from the fermenter liquor and with them also the gaseous fermentation products contained in it such as  $\text{CO}_2$ .

In order to increase the productivity in the fermentation cycle more oxygen must be brought into solution which in turn results into an elevated  $\text{CO}_2$  production by the microorganisms. Since ca. 30 times more  $\text{CO}_2$  dissolves in the fermenter liquor than oxygen and since only gaseous  $\text{CO}_2$  can be separated in the gas separator, a high proportion of dissolved  $\text{CO}_2$  runs in the cycle. Upon renewed gassing of the fermenter liquor with oxygen-containing gas, therefore, the  $\text{CO}_2$  is stripped out and passes into the gaseous state so that the  $\text{CO}_2$  partial pressure increases while the oxygen partial pressure decreases, as a result of which less oxygen passes into solution.

The invention therefore has the objective of devising a process of the type described initially such that as much oxygen as possible passes into solution in the fermenter liquor in order to assure high productivity of the fermentation process.

This problem is solved according to the invention by lowering the content of dissolved  $\text{CO}_2$  in the fermenter liquor by supplying a stripping gas to the fermenter liquor before separation of the gaseous fermentation products.

It is proposed, according to the invention, that a process step be introduced which lowers the content of dissolved  $\text{CO}_2$  in the cycle. Thus a high oxygen partial pressure during the gassing of the fermenter liquor with oxygen-containing gas is preserved for a longer time so that more oxygen is brought into solution. Therefore a large number of microorganisms can be nourished, i.e. the productivity of the fermentation cycle is increased. The utilization of the oxygen used for gasing also increases.

To lower the content of dissolved  $\text{CO}_2$  according to the invention a stripping step is provided before the gas separator. A stripping gas such as air is fed into the fermenter liquor before the gas separator in the fermentation cycle which leads to a lowering of the  $\text{CO}_2$  partial pressure so that dissolved  $\text{CO}_2$  passes over into the gaseous state and is removed in the gas separator. In this way the  $\text{CO}_2$  content in the entire fermentation cycle is reduced while the oxygen partial pressure is increased. The greater the quantity of stripping gas that is chosen, the lower the  $\text{CO}_2$  content in the fermentation cycle becomes.

Because of a limited mass transfer rate it is necessary for the stripping gas to be charged in finely dispersed form over a sufficiently long distance in front of a gas separator. In this

case the distance before the gas separator must be chosen great enough that the stripping gas can come approximately into equilibrium with the dissolved  $\text{CO}_2$  content while an optimum of  $\text{CO}_2$  is discharged.

An advantageous variant of the process according to the invention envisions the use of air as the stripping gas. The air is passed through a sterile filter and compressed to an elevated process pressure in the stripping step. The nitrogen content of the air dissolves only ca. halfway as does the oxygen content so that the nitrogen introduced additionally into the solution only slightly changes the partial pressure relationships.

An especially advantageous variant of the process of the invention involves conducting the fermentation under elevated pressure of about 1 to 15 bar preferably 4 to 10 bar. In this way, on the one hand more  $\text{CO}_2$  can be stripped out and removed, and on the other more oxygen can be brought into solution.

During the feed of stripping gas, foam may be formed in the gas separator which is destroyed mechanically or chemically according to the invention.

According to an especially advantageous variant of the process of the invention technically pure oxygen or a gas highly enriched in oxygen is used as the stripping gas. This has the advantage, compared to the use of air as a stripping gas, that no nitrogen is brought into solution and the oxygen partial pressure can be further increased.

Because of increased operating costs when the technical pure oxygen is used this process is advisable only if an economical recovery of the oxygen stripping gas is possible.

According to the invention, therefore, it is proposed that the gaseous fermentation products containing, above all, oxygen and  $\text{CO}_2$ , which were stripped out during the stripping step and separated in the gas separator, and additionally containing the undissolved oxygen stripping gas, which was also separated in the gas separator, be passed through a semi-permeable membrane. At this time  $\text{CO}_2$  and  $\text{H}_2\text{O}$  pass through the membrane and are present at lower pressure (ca. 1-2 bar). A vacuum may also be used for suction. For oxygen, however, the semipermeable membrane is impermeable so that the oxygen can be branched off with a slight pressure loss. According to the invention the branched off oxygen can be returned to the fermenter and be used then as the oxygen supply for the microorganisms.

By the process according to the invention therefore both the oxygen contained in the gaseous fermentation products and the oxygen stripping gas can be returned to the fermenter, which has the result of a significantly higher utilization of the oxygen of the oxygen-containing gas fed into the fermenter liquor compared to conventional installations. In the process according to the invention the oxygen utilization amounts to more than 80% while in the known process it is no more than 50%, in the case of air gassing usually only 10 to 20% oxygen utilization is achieved. Since the equipping of a fermentation cycle with a semipermeable membrane according to the invention only involves minor invest-

ment costs, economic advantages are derived compared to conventional fermentation processes. In order to protect the membrane against contamination an advantageous variant of the process according to the invention envisions purification of the separated fermentation products before passing them through the semipermeable membrane. Thus between gas separator and membrane a water scrubber or a filter may be interposed in order to retain dusts from microorganisms and other mechanical and chemical impurities.

The process according to the invention offers a number of advantages compared to conventional fermentation processes. Thus it is characterized by high economy which is achieved by a faster growth and a higher cell density of the microorganisms due to the better oxygen supply. In addition the fermentation can be conducted without additional costs under sterile conditions since no bacteria, pests etc. can pass into the fermenter from the outside by an exhaust gas route for the gaseous fermentation products leaving the fermenter. The semipermeable membrane keeps such pests away from the fermenter. Repumping of the fermenter liquor which is used in conventional fermentation processes for increasing the oxygen supply to the microorganisms and for driving out the fermentation products such as  $\text{CO}_2$  can be eliminated or at least reduced in the process according to the invention because of the elevated dissolved oxygen content from oxygen stripping.

The process according to the invention can be used for all aerobic fermentation processes such as the production of single cell protein, antibiotics, enzymes etc. In this process as the

microorganisms one may ferment, for example, selected bacteria, yeasts, fungi and the like which ferment on the substrate of, e.g. ethanol, methanol etc. as the carbon source, under aerobic conditions.

Figure 1 shows schematically an example of embodiment of the process according to the invention.

The fermenter 1 is supplied through conduit 3 with microorganisms such as bacteria, yeasts, fungi and the like. Through line 2 a carbon source such as ethanol or methanol and nutrients which are necessary for the growth of the microorganisms are added. The oxygen-containing gas necessary for aerobic fermentation is supplied to the fermenter through conduit 4. Technical pure oxygen, e.g. from an air fractionation plant, is used. The fermenter liquor forming in the fermenter is fed through conduit 5 to the gas separator 7. Through conduit 6 oxygen is added as the stripping gas to the fermenter liquor while  $\text{CO}_2$  is stripped out and can be separated in the gas separator 7. In the gas separator 7 the gaseous fermentation products and undissolved stripping gas from the fermenter liquor are removed and fed through conduit 8 to a membrane separation installation 13. The membrane separator 13 contains a semipermeable membrane which is permeable for  $\text{CO}_2$  and  $\text{H}_2\text{O}$  but impermeable for oxygen. The  $\text{CO}_2$  and  $\text{H}_2\text{O}$  contained in the gaseous fermentation products permeate the membrane and are taken off through conduit 14 from the fermentation cycle. However, the membrane is impermeable for oxygen so that oxygen can be branched off with a slight pressure loss. The branched-off oxygen is conveyed by a circulation pump 16 through



conduits 15 and 4 back to the fermenter. The nongaseous components of the fermenter liquor are fed through conduit 9 to a heat exchanger and conveyed by a circulation pump 12 through conduit 11 back to the fermenter.

The table below shows different examples of design for the process according to the invention. In this case the term "fermenter offgas" refers to the composition of the gas mixture consisting of the gaseous fermentation products and undissolved stripping gas which is passed through conduit 5 to the gas separator 7. The term "gas return" refers to the composition of the gas that has not passed through the semipermeable membrane, which is fed back to the fermenter through conduit 15. The "offgas" is the composition of the gas passing through the semipermeable membrane and removed through conduit 14 from the fermentation cycle. In addition in the examples of design shown it is also indicated under what pressure and of what temperature the fermentation is conducted in each case. In addition the oxygen utilization achieved from the oxygen fed in is also reported.

One page of drawings appended.

( H 1564 / H 1582

Nummer:

Int. Cl.4:

Anmeldetag:

Offenlegungstag:

36 32 570

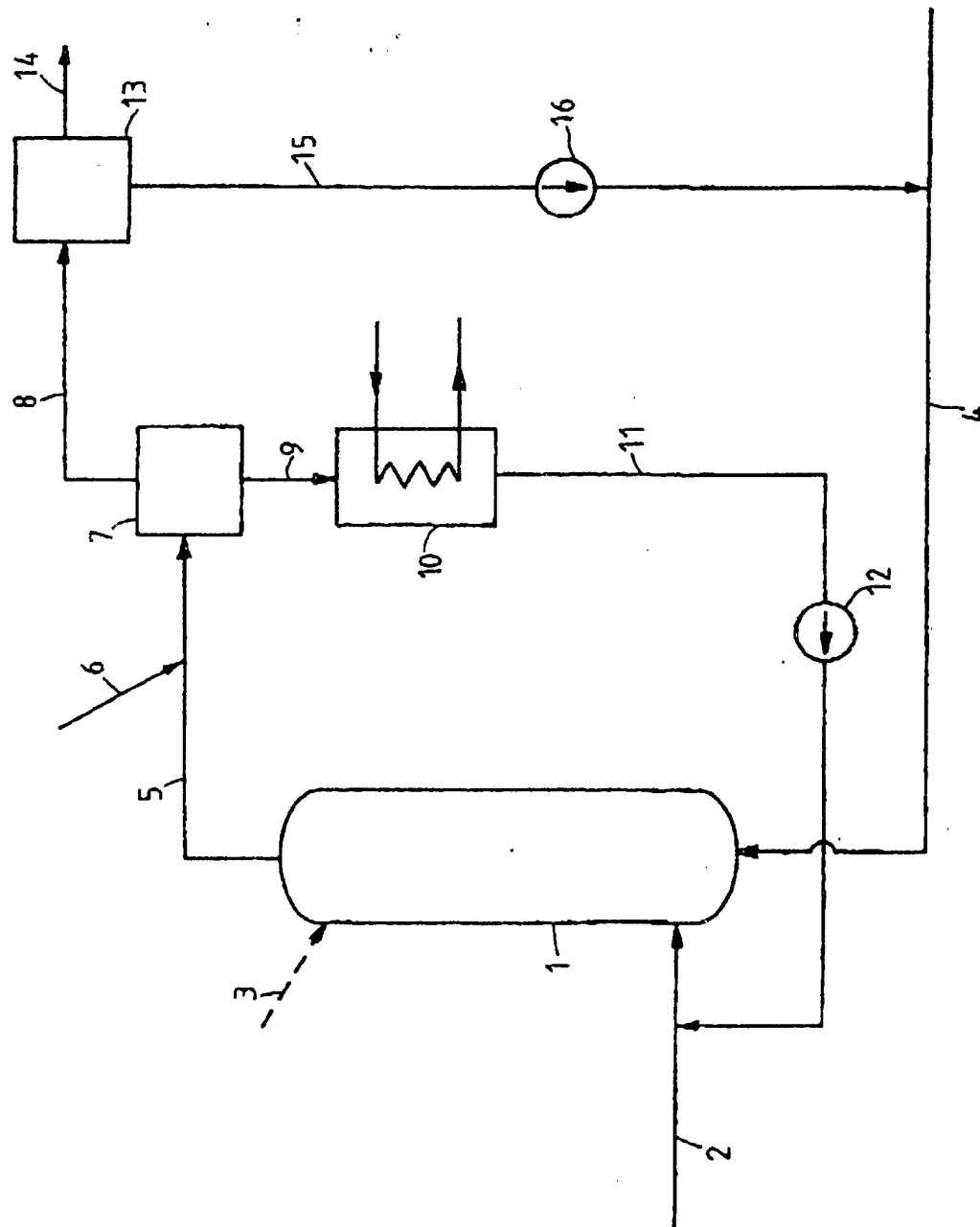
38 32 570

C 12 N 1/00

25. September 1986

7. April 1988

3632570



ORIGINAL INSPECTED

808 814/136

99-5-83

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 3632570 A1

② Aktenzeichen: P 36 32 570.8  
⑦ Anmeldetag: 25. 9. 88  
④ Offenlegungstag: 7. 4. 88

⑥ Int. Cl. 4:  
C 12N 1/00  
C 12 N 1/32  
// C02F 3/26

Behördeneigentum

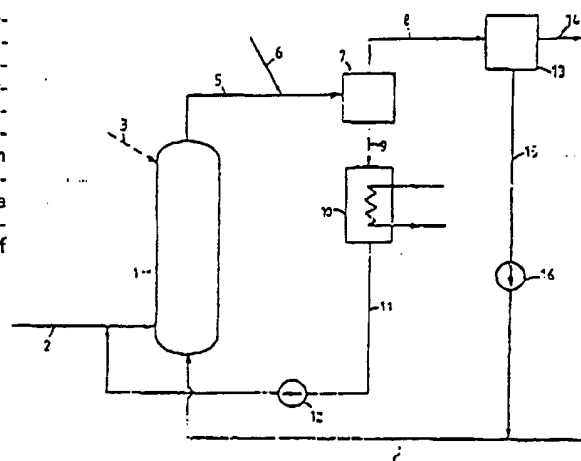
DE 3632570 A1

⑦1 Anmelder:  
Linde AG, 6200 Wiesbaden, DE

⑦2 Erfinder:  
Riquarts, Hans-Peter, Dr., 8023 Pullach, DE;  
Hofmann, Albert, Dr., 8190 Wolfratshausen, DE;  
Tillmann, Dieter, 8190 Wolfratshausen, DE; Heisel,  
Michael, Dr., 8023 Pullach, DE; Bronnenmeier,  
Reinhold, Dr., 8022 Grünwald, DE

⑥4 Verfahren zur Verbesserung der Produktivität bei aeroben Fermentationsprozessen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur aeroben Fermentation von Mikroorganismen. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, den Gehalt an gelöstem  $\text{CO}_2$  in der Fermenterbrühe durch Zuführen eines Strippgases, vorzugsweise Sauerstoff, in die Fermenterbrühe vor Abtrennung der gasförmigen Fermentationsprodukte aus dem Fermentationskreislauf zu erniedrigen. Dies bewirkt, daß mehr Sauerstoff in Lösung geht, so daß die Sauerstoffversorgung der Mikroorganismen verbessert wird. Durch eine semipermeable Membran wird der in ungelöstem Strippgas und in den gasförmigen Fermentationsprodukten enthaltene Sauerstoff abgetrennt und wieder dem Fermenter zugeführt.



DE 3632570 A1

OS 36 32 570

1

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Fermentation von Mikroorganismen in einem Kulturmedium auf Basis einer Kohlenstoffquelle unter Zuführung eines sauerstoffhaltigen Gases, wobei Fermentationsprodukte wie  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  und Biomasse entstehen und zusammen mit dem Kulturmedium eine Fermenterbrühe bilden, und gasförmige Fermentationsprodukte von der Fermenterbrühe abgetrennt werden, dadurch gekennzeichnet, daß der Gehalt an gelöstem  $\text{CO}_2$  in der Fermenterbrühe durch Zuführen eines Strippgases in die Fermenterbrühe vor der Abtrennung der gasförmigen Fermentationsprodukte erniedrigt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Strippgas Luft verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Strippgas technisch reiner Sauerstoff oder ein mit Sauerstoff hoch angereichertes Gas verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Fermentation unter erhöhtem Druck von 1 bis 15 bar durchgeführt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß nach Zuführung des Strippgases entstandener Schaum in der Fermenterbrühe mechanisch oder chemisch zerstört wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die abgetrennten gasförmigen Fermentationsprodukte und ungelöstes Strippgas durch eine semipermeable Membran geleitet werden, die für  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  durchlässig und für Sauerstoff undurchlässig ist, und abgetrennter Sauerstoff in die Fermenterbrühe zurückgeleitet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die abgetrennten gasförmigen Fermentationsprodukte vor dem Durchleiten durch die semipermeable Membran gereinigt werden.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Fermentation von Mikroorganismen in einem Kulturmedium auf Basis einer Kohlenstoffquelle unter Zuführung eines sauerstoffhaltigen Gases, wobei Fermentationsprodukte wie  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  und Biomasse entstehen und zusammen mit dem Kulturmedium eine Fermenterbrühe bilden, und gasförmige Fermentationsprodukte von der Fermenterbrühe abgetrennt werden.

Es sind eine Reihe von Verfahren zur Fermentation von Mikroorganismen in einem Kulturmedium bekannt. So beschreibt z.B. die DE-AS 27 00 698 ein Verfahren zur mikrobiellen Gewinnung von Einzellerprotein auf Basis von Äthanol. Ein Fermentationskreislauf besteht gewöhnlich aus einer Umwälzpumpe, einer Begasungseinrichtung, einem Fermenter, einem Wärmetauscher und einem Gasabscheider, aus dem die entgaste Fermenterbrühe von der Umwälzpumpe angesaugt wird. Im Gasabscheider werden Gasblasen aus der Fermenterbrühe entfernt und damit auch die darin enthaltenen gasförmigen Fermentationsprodukte, z.B.  $\text{CO}_2$ .

Um die Produktivität im Fermentationskreislauf steigern zu können, muß mehr Sauerstoff in Lösung gebracht werden, was wiederum eine erhöhte  $\text{CO}_2$ -Produktion durch die Mikroorganismen zur Folge hat. Da

2

sich  $\text{CO}_2$  ca. 30 mal mehr in der Fermenterbrühe löst als Sauerstoff und im Gasabscheider nur gasförmiges  $\text{CO}_2$  abgeschieden werden kann, wird ein hoher Anteil an gelöstem  $\text{CO}_2$  im Kreislauf gefahren. Bei erneuter Begasung der Fermenterbrühe mit sauerstoffhaltigem Gas wird somit  $\text{CO}_2$  ausgestrippt und geht in gasförmigen Zustand über, so daß der  $\text{CO}_2$ -Partialdruck steigt, während der Sauerstoffpartialdruck sinkt, wodurch weniger Sauerstoff in Lösung geht.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs geschilderten Art so auszugestalten, daß möglichst viel Sauerstoff in der Fermenterbrühe in Lösung geht, um eine hohe Produktivität des Fermentationsprozesses zu gewährleisten.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Gehalt an gelöstem  $\text{CO}_2$  in der Fermenterbrühe durch Zuführen eines Strippgases in die Fermenterbrühe vor der Abtrennung der gasförmigen Fermentationsprodukte erniedrigt wird.

Erfindungsgemäß wird demnach vorgeschlagen, einen Verfahrensschritt einzuführen, der den Gehalt an gelösten  $\text{CO}_2$  im Kreislauf absenkt. Dann bleibt ein hoher Sauerstoff-Partialdruck bei Begasung der Fermenterbrühe mit sauerstoffhaltigem Gas länger erhalten, wodurch mehr Sauerstoff in Lösung gebracht werden kann. Es kann also eine größere Zahl von Mikroorganismen ernährt werden, das heißt die Produktivität des Fermentationskreislaufs steigt. Ebenso steigt die Ausnutzung des zur Begasung eingesetzten Sauerstoffs.

Zur Absenkung des Gehalts an gelöstem  $\text{CO}_2$  wird erfindungsgemäß eine Strippstufe vor dem Gasabscheider vorgesehen. Ein Strippgas, z.B. Luft, wird der Fermenterbrühe vor dem Gasabscheider im Fermentationskreislauf zugeführt, was zu einer Absenkung des  $\text{CO}_2$ -Partialdrucks führt, so daß gelöstes  $\text{CO}_2$  in gasförmigen Zustand übergeht und im Gasabscheider abgeschieden wird. Dadurch nimmt im gesamten Fermentationskreislauf der  $\text{CO}_2$ -Gehalt ab, während der Sauerstoffpartialdruck ansteigt. Je größer die Stripp-Gasmenge gewählt wird, desto niedriger wird der  $\text{CO}_2$ -Gehalt im Fermentationskreislauf.

Wegen einer begrenzten Stoffübergangsgeschwindigkeit ist es erforderlich, das Strippgas fein dispergiert in einer ausreichend großen Strecke vor dem Gasabscheider aufzugeben. Dabei muß die Strecke vor dem Gasabscheider so groß gewählt werden, daß das Strippgas annähernd ins Gleichgewicht mit dem gelösten  $\text{CO}_2$ -Anteil kommen kann und ein Optimum an  $\text{CO}_2$  ausgetragen wird.

Eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, Luft als Stripp-Gas zu verwenden. Die Luft wird durch ein Sterilfilter geleitet und auf einen erhöhten Verfahrensdruck in der Stripp-Stufe komprimiert. Der Stickstoff-Anteil der Luft löst sich nur ca. halb so gut wie der Sauerstoff-Anteil, so daß der zusätzlich in Lösung gebrachte Stickstoff die Partialdruckverhältnisse nur wenig ändert.

Eine besonders zweckmäßige Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, die Fermentation unter erhöhtem Druck von etwa 1 bis 15 bar, vorzugsweise 4 bis 10 bar durchzuführen. Dadurch kann einerseits mehr  $\text{CO}_2$  ausgestrippt und abgeschieden werden und andererseits mehr Sauerstoff in Lösung gebracht werden.

Durch Zuführung des Strippgases kann Schaum im Gasabscheider entstehen, der erfindungsgemäß mechanisch oder chemisch zerstört wird.

Nach einer besonders vorteilhaften Ausführungsform

ORIGINAL INSPECTED

## OS 36 32 570

3

des erfindungsgemäßen Verfahrens wird technisch reiner Sauerstoff oder ein mit Sauerstoff hoch angereichertes Gas als Strippgas verwendet. Dadurch ergibt sich gegenüber der Verwendung von Luft als Strippgas der Vorteil, daß kein Stickstoff in Lösung gebracht wird und der Sauerstoff-Partialdruck weiter erhöht werden kann.

Wegen erhöhter Betriebskosten bei Verwendung von technisch reinem Sauerstoff ist diese Verfahrensweise aber nur zweckmäßig, wenn eine kostengünstige Rückgewinnung des Sauerstoff-Strippgases möglich ist.

Erfindungsgemäß wird daher vorgeschlagen, die in der Strippstufe ausgestriipten und im Gasabscheider abgetrennten gasförmigen, vor allem Sauerstoff und  $\text{CO}_2$  enthaltenden, Fermentationsprodukte und ungelöstes ebenfalls im Gasabscheider abgetrenntes Sauerstoff-Strippgas durch eine semipermeable Membran zu leiten. Dabei permeiert  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  durch die Membran und liegt dann bei Niederdruck (ca. 1 bis 2 bar) vor. Es kann auch Unterdruck zum Absaugen angewandt werden. Für Sauerstoff ist hingegen die semipermeable Membran undurchlässig, so daß der Sauerstoff mit geringem Druckverlust abgezweigt werden kann. Erfindungsgemäß wird der abgezweigte Sauerstoff in den Fermenter zurückgeführt und kann zur Sauerstoffversorgung der Mikroorganismen dienen.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren können also sowohl der in den gasförmigen Fermentationsprodukten enthaltene Sauerstoff als auch das Sauerstoff-Strippgas in den Fermenter zurückgeleitet werden, was eine gegenüber herkömmlichen Anlagen wesentlich erhöhte Sauerstoffausnutzung des der Fermenterbrühe zugeführten sauerstoffhaltigen Gases zur Folge hat. Beim erfindungsgemäßen Verfahren beträgt die Sauerstoff-Ausnutzung mehr als 80%, während bei bekannten Verfahren nicht mehr als 50%, bei Luftbegasung meist nur 10 bis 20% Sauerstoffausnutzung erreicht wird. Da eine erfindungsgemäße Ausstattung eines Fermentationskreislaufes mit einer semipermeablen Membran nur geringe Investitionskosten verursacht, ergeben sich auch wirtschaftliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Fermentationsverfahren.

Um die Membran vor Verunreinigungen zu schützen, sieht eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens eine Reinigung der abgetrennten gasförmigen Fermentationsprodukte vor dem Durchleiten durch die semipermeable Membran vor. So kann zwischen Gasabscheider und Membran eine Wasserwäsche oder ein Filter eingeschaltet werden, um Staub von Mikroorganismen und andere mechanische und chemische Verunreinigungen zurückzuhalten.

Das erfindungsgemäße Verfahren bietet eine Reihe von Vorteilen gegenüber herkömmlichen Fermentationsverfahren. So zeichnet es sich durch hohe Wirtschaftlichkeit aus, die durch ein schnelleres Wachstum und eine höhere Zelldichte der Mikroorganismen aufgrund einer besseren Sauerstoffversorgung erzielt wird. Außerdem kann die Fermentation ohne zusätzlichen Aufwand unter sterilen Bedingungen durchgeführt werden, da keine Bakterien, Schädlinge usw. von außen über einen Abgasweg, über den die gasförmigen Fermentationsprodukte den Fermenter verlassen, in den Fermenter gelangen können. Die semipermeable Membran hält solche Schädlinge vom Fermenter fern. Ein Umpumpen der Fermenterbrühe, was bei herkömmlichen Fermentationsverfahren zur Erhöhung der Sauerstoffversorgung der Mikroorganismen und zum Ausstreuen von Fermentationsprodukten wie  $\text{CO}_2$  notwen-

4

dig ist, kann beim erfindungsgemäßen Verfahren aufgrund des erhöhten gelösten Sauerstoffanteils unter Sauerstoff-Strippung unterbleiben oder zumindest reduziert werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann bei allen aeroben Fermentationsprozessen, wie z.B. der Herstellung von Einzellerprotein, Antibiotika, Enzymen usw. Anwendung finden. Dabei können als Mikroorganismen z.B. ausgewählte Bakterien, Hefen, Pilze und ähnliches dienen, die auf Basis von z.B. Äthanol, Methanol usw. als Kohlenstoffquelle unter aeroben Bedingungen fermentiert werden.

In Fig. 1 ist schematisch ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens gezeigt.

Dem Fermenter 1 werden über Leitung 3 die Mikroorganismen, z.B. Bakterien, Hefen, Pilze und ähnliches zugesetzt. Über Leitung 2 werden eine Kohlenstoffquelle, z.B. Äthanol oder Methanol, und Nährstoffe, die für das Wachstum der Mikroorganismen erforderlich sind, zugegeben. Das für die aerobe Fermentation notwendige sauerstoffhaltige Gas wird über Leitung 4 dem Fermenter zugeführt. Es wird technisch reiner Sauerstoff z.B. aus einer Luftzerlegungsanlage verwendet. Die im Fermenter entstehende Fermenterbrühe wird über Leitung 5 dem Gasabscheider 7 zugeführt. Über Leitung 6 wird Sauerstoff als Strippgas der Fermenterbrühe zugesetzt, wodurch  $\text{CO}_2$  ausgestriipt wird und im Gasabscheider 7 abgeschieden werden kann. Im Gasabscheider 7 werden die gasförmigen Fermentationsprodukte und ungelöstes Strippgas von der Fermenterbrühe abgetrennt und über Leitung 8 einer Membrantrennanlage 13 zugeführt. Die Membrantrennanlage 13 enthält eine semipermeable Membran, die für  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  durchlässig, dagegen für Sauerstoff undurchlässig ist. In den gasförmigen Fermentationsprodukten enthaltenes  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  permeiert durch die Membran und wird über Leitung 14 aus dem Fermentationskreislauf ausgeschieden. Für Sauerstoff ist dagegen die Membran undurchlässig, so daß Sauerstoff mit geringem Druckverlust abgezweigt werden kann. Der abgezweigte Sauerstoff wird von einer Umwälzpumpe 16 über Leitungen 15 und 4 wieder zurück in den Fermenter befördert. Die nichtgasförmigen Bestandteile der Fermenterbrühe werden über Leitung 9 einem Wärmetauscher zugeführt und von einer Umwälzpumpe 12 über Leitung 11 wieder in den Fermenter befördert.

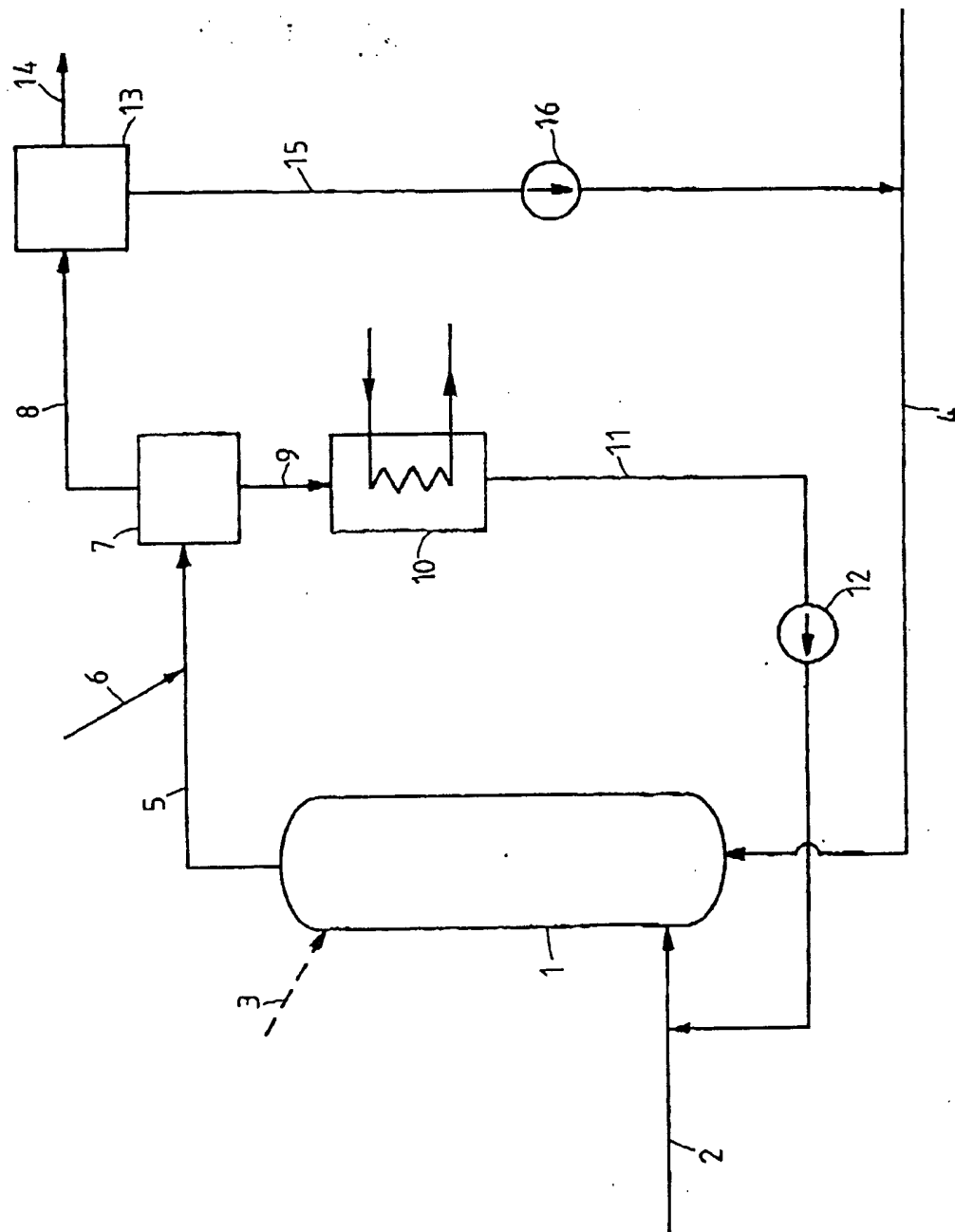
Die nachstehende Tabelle zeigt verschiedene Auslegungsbeispiele für das erfindungsgemäße Verfahren. Dabei ist unter "Fermenter-Abgas" die Zusammensetzung des aus den gasförmigen Fermentationsprodukten und ungelöstem Strippgas bestehende Gasgemisch gemeint, das über Leitung 5 zum Gasabscheider 7 gelangt. Unter "Gas-Rückführung" ist die Zusammensetzung des von der semipermeablen Membran nicht durchgelassenen Gases aufgeführt, das über Leitung 15 zum Fermenter zurückgeführt wird. Unter "Abgas" ist die Zusammensetzung des von der semipermeablen Membran durchgelassenen und über Leitung 14 aus dem Fermentationskreislauf ausgeschiedenen Gases angegeben. Außerdem ist in den Auslegungsbeispielen noch angeführt, unter welchem Druck und bei welcher Temperatur die Fermentation jeweils betrieben wird. Ferner ist die jeweils erzielte Sauerstoffausnutzung des zugeführten Sauerstoffs angegeben.

(H 1564 / H 1582

Nummer:  
Int. Cl. 4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

36 32 570  
C 12 N 1/00  
25. September 1986  
7. April 1988

3632570



ORIGINAL INSPECTED

808 814/198